



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:  
**Christian Birkner et al.**

Serial No.: 10/808,900

Filing Date: **March 25, 2004**

Title: **Method for Converting a Fuel  
Quantity into a Torque**

§  
§ Group Art Unit: **unknown**  
§  
§ Examiner: **unknown**  
§  
§  
§ Attny. Docket No. **071308.0530**  
§ Client Ref.: **2002P01375WOUS**  
§

Mail Stop  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

*Sam O'Connell*

EXPRESS MAIL LABEL: EV449864484US  
DATE OF MAILING: MAY 10, 2004

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application  
102 34 706.9 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,  
BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

Date: May 10, 2004

By: *A. Grubert*  
Andreas H. Grubert  
(Limited recognition 37 C.F.R. §10.9)  
One Shell Plaza  
910 Louisiana Street  
Houston, Texas 77002-4995  
Telephone: 713.229.1964  
Facsimile: 713.229.7764  
AGENT FOR APPLICANTS

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 34 706.9

**Anmeldetag:** 30. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Umrechnen einer  
Kraftstoffmenge in ein Drehmoment

**IPC:** F 02 D 41/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 22. April 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Faust', written over a horizontal line.

**Faust**

30.07.88

15



## Zusammenfassung

5 Verfahren zum Umrechnen einer Kraftstoffmenge in ein Drehmoment

10 Bei einem Verfahren zum Umrechnen einer Kraftstoffmenge (MF) in ein Drehmoment (TQ) bei einer Brennkraftmaschine wird vor der Umrechnung zum aktuellen Betriebspunkt der Wirkungsgrad (H) der Brennkraftmaschine als Verhältnis von Ist-Drehmoment (TQ) und Ist-Kraftstoffmenge (MF) ermittelt und das gesuchte Drehmoment (MF) aus dem Wirkungsgrad (H) und der Kraftstoffmenge (MF) bestimmt.

Figur 1

1/2

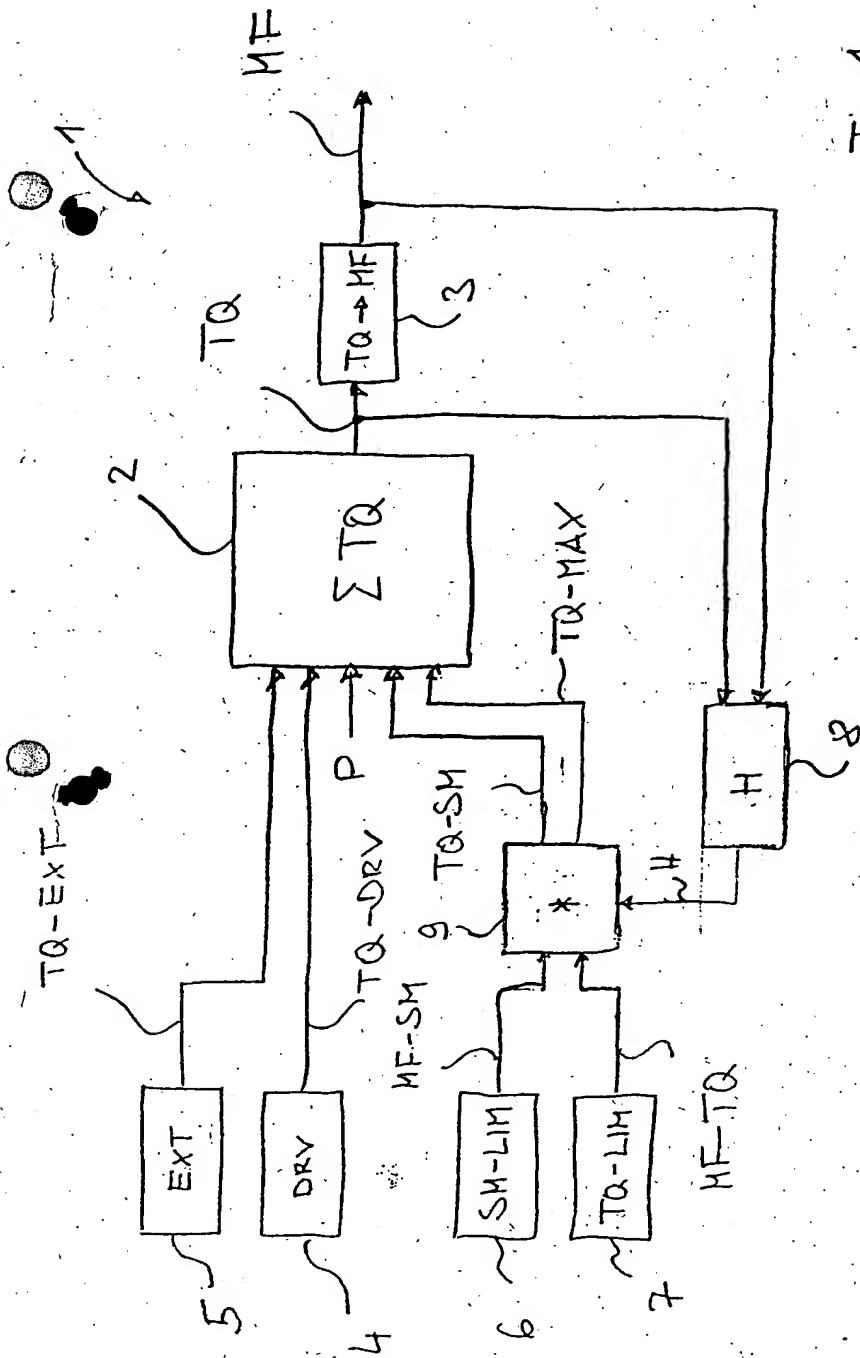
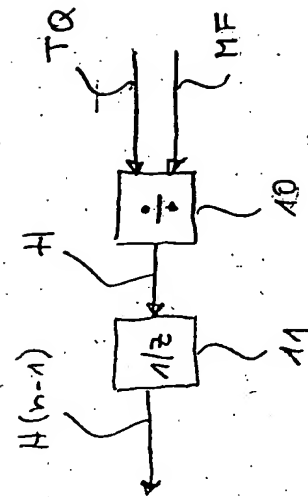


Fig. 1

Fig. 2



## Beschreibung

Verfahren zum Umrechnen einer Kraftstoffmenge in ein Drehmoment

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Umrechnen einer Soll-Kraftstoffmenge in ein Soll-Drehmoment bei einer Brennkraftmaschine.

- 10 Bei Brennkraftmaschinen werden vermehrt momentenbasierte Regelungs-Strukturen verwendet. Solche Strukturen verarbeiten sämtliche an die Brennkraftmaschine gestellten Leistungsanforderungen in Form von Drehmoment-Anforderungen, verknüpfen diese Drehmoment-Anforderungen betriebspunktabhängig geeignet
- 15 zu einem Gesamt-Moment und erzeugen daraus einen Wert für eine Kraftstoffmenge, die der Brennkraftmaschine zur Abwicklung des angeforderten Betriebes, d.h. zur Erfüllung der Drehmoment-Anforderungen, zugeführt werden muss. Bei der Kraftstoffmenge kann es sich beispielsweise im Fall von Diesel-
- 20 Brennkraftmaschinen um eine Kraftstoffmasse handeln, die mittels einer Einspritzanlage in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt werden soll.

25

Solche momentenbasierte Strukturen haben den Vorteil, dass weitere Funktionalitäten bezüglich ihren Leistungsanforderungen an die Brennkraftmaschine einfach integriert werden können. Soll beispielsweise eine Brennkraftmaschine an den Betrieb mit einer Klimaanlage angepasst werden, so muss lediglich die von einer Klimaanlage gestellte Drehmoment-

30

Anforderung zusätzlich bei der Erzeugung des Gesamt-Momentes in der momentenbasierten Struktur berücksichtigt werden. Die erwähnten Strukturen geben also große Flexibilität bei der Adaption eines Regelungssystems auf ein gegebenes Brennkraftmaschinenmodell.

35

Dies gilt insbesondere, da die Umsetzung des am Ende der drehmomentenbasierten Struktur vorliegenden Gesamt-Momentes

30.07.02

2

in Parameter für die Kraftstoffversorgung, beispielsweise in Parameter für die Ansteuerung eines Einspritzsystems, hochbrennkraftmaschinenspezifisch ist. Hier ist ein Kennfeld üblich, das aus einer Drehmomentenanforderung für den jeweiligen Betriebspunkt die optimale Kraftstoffmasse ermittelten, da dieser Parameter bislang regelmäßig der einzig zu variierende Parameter bei einem Einspritzsystem war. Das dabei verwendete Kennfeld wird seiner zentralen Funktion wegen auch als Hauptkennfeld bezeichnet.

Mit dem Aufkommen von Einspritzanlagen, die aus Druckspeichern gespeiste, weitgehend frei ansteuerbare Injektoren verwenden, kann nunmehr nicht nur die Kraftstoffmasse, sondern auch eine nahezu frei wählbare Variation von Einspritzvorgängen für einen einzigen Brennvorgang verwendet werden. Zur Ansteuerung solcher Einspritzsysteme, die eine Vielzahl von Freiheitsgraden zulassen, genügen jedoch bisherige Hauptkennfelder nicht mehr; statt dessen werden komplex verknüpfte Kennfeldsätze verwendet.

Aus dieser zunehmenden Komplexizität der Umsetzung eines angeforderten Gesamt-Momentes in eine Kraftstoffmenge ergibt sich die Problematik, dass dementsprechend auch eine Umrechnung einer Kraftstoffmasse in ein Drehmoment zunehmend schwieriger wird. Solche Umrechnungen, wie sie im Verfahren der erwähnten Art gefordert sind, treten beispielsweise dann auf, wenn Kraftstoffmengengrenzwerte, beispielsweise eine maximale Kraftstoffmenge, die von einem Einspritzsystem abgegeben werden kann, in ein Soll-Drehmoment umgesetzt werden müssen, um sie in einer üblichen momentenbasierten Regelungsstruktur berücksichtigen zu können. Ein weiteres Beispiel für einen Kraftstoffmengengrenzwert, der im Betrieb häufig in ein Drehmoment umgerechnet werden muss, findet sich bei Ruß-Begrenzungsfunktionen, wie sie für modernen Diesel-Brennkraftmaschinen Standard sind. Solche Funktionen geben betriebsparameterabhängig eine maximale Kraftstoffmasse aus, die zur Vermeidung unerwünschter Rußbildung nicht überschrit-

ten werden darf. Um solche Funktionen in eine momentenbasierte Regelungsstruktur zu integrieren, muss eine Soll-Kraftstoffmasse in einen Soll-Drehmoment umgerechnet werden.

- 5 Im Stand der Technik konnte dies durch ein zum Hauptkennfeld inverses Kennfeld erfolgen. Mit der erwähnten zunehmenden Komplexizität des Hauptkennfeldes ist eine solche Invertierung jedoch nur noch mit sehr großem Aufwand oder nur eingeschränkt möglich.

10

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend auszubilden, dass eine Umrechnung von Kraftstoffmenge in Drehmoment rechenspar-  
sam erfolgen und insbesondere das Erfordernis invertierbarer  
15 Hauptkennfelder fallengelassen werden kann.

15

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass vor der Umrechnung zum aktuellen Betriebspunkt der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine als Verhältnis von Ist-Drehmoment und  
20 Ist-Kraftstoffmenge ermittelt und das Soll-Drehmoment aus dem Wirkungsgrad und der Soll-Kraftstoffmenge bestimmt wird.

20

Das erfindungsgemäße Konzept versucht also nicht mehr die bei der momentenbasierten Struktur erfolgende Umrechnung von  
25 Drehmoment in Kraftstoffmenge in invertierter Form zu durch-

25

laufen, sondern setzt stattdessen eine Ermittlung des Wirkungsgrades der Brennkraftmaschine ein, wobei dieser Wirkungsgrad als Verhältnis von Drehmoment zu Kraftstoffmenge verstanden wird, also nicht eine von der Brennkraftmaschine  
30 abgegebene Leistung berücksichtigt. Ausgehend von diesem Wirk-

30

ungsgrad, wie er am aktuellen Betriebspunkt vorliegt, kann eine einfache Umrechnung der Kraftstoffmenge in Drehmoment erfolgen, ohne dass Umrechnung auf aufwendige Kennfelder angewiesen wäre. Dadurch ist der Speicherplatz für solche Kenn-  
35 felder reduziert. Zugleich kann die Umrechnungszeit bzw. der dazu nötige Rechenaufwand verringert werden.

35

30.07.02

4

Im einfachsten Fall kann der Wirkungsgrad durch Division des beim letzten Einspritzzeitpunkt abgegebenen Momentes durch die dabei der Brennkraftmaschine zugeführte Kraftstoffmenge errechnet werden. Dieses Berechnungsverfahren kann verfeinert werden in Form einer Extrapolation des Wirkungsgrades, die vom Wirkungsgrad, wie er bislang vorlag, auf den Wirkungsgrad zum nächsten Berechnungszeitpunkt schließt. Natürlich sind beliebig Extrapolationsverfahren für die Erfindung tauglich, weshalb es bevorzugt ist, dass zur Bestimmung des Soll-Drehmomentes eine Extrapolation des Wirkungsgrades verwendet wird. Eine Extrapolation ist in der Regel besonders dann einfach ausführbar, wenn es sich dabei um eine lineare Extrapolation handelt. Deshalb ist eine solche besonders bevorzugt.

Lineare Extrapolationen liefern regelmäßig dann gute Ergebnisse, wenn sie gemessen am Verlauf der extrapolierenden Funktionalität, d.h. einer Wirkungsgradkurve, sich im Bereich der Gültigkeit einer linearen Approximation der Kurve bewegen. Das heißt, die Extrapolation darf nur über Bereiche erfolgen, in denen die Wirkungsgradkurve nur vergleichsweise gering von einem linearen Verlauf abweicht.

Da sich jedoch der Wirkungsgrad einer Brennkraftmaschine abhängig von der zugeführten Kraftstoffmasse (und abhängig von weiteren Betriebsparametern, wie Betriebstemperatur usw.) ändert, kann mitunter in Fällen, in denen eine Kraftstoffmenge umgerechnet werden soll, die sich stark von der Kraftstoffmasse unterscheidet, die bei der letzten Einspritzung zugeführt wurde, dieses einfache Rechenverfahren zu einem fehlerhaften Wert führen. Üblicherweise steigt bei Brennkraftmaschinen der Wirkungsgrad von geringen Kraftstoffmassen bis zu einer mittleren Kraftstoffmasse hin an und sinkt dann wieder ab. Wird die Brennkraftmaschine nun bei einer geringen Kraftstoffmasse betrieben, und soll ein Drehmoment für eine hohe Kraftstoffmasse errechnet werden, kann sich beim erwähnten Rechnungsschema ein mitunter nicht tolerierbarer Fehler einstellen.



30.07.02

5

9

Für solche Fälle ist es zweckmäßig, dass zur Ermittlung des Wirkungsgrades eine Wirkungsgradkurve verwendet wird, die das maximale Verhältnis von Drehmoment und Kraftstoffmenge als Funktion der Kraftstoffmenge anzeigt. Mittels einer solchen Kurve kann auch für die Soll-Kraftstoffmenge eine genaue Bestimmung des Soll-Drehmomentes erreicht werden, z. B. in dem der Wirkungsgrad zur aktuellen Kraftstoffmasse berechnet und eine dazu passende Wirkungsgradkurve gewählt wird. Eine Auswahl der geeigneten Wirkungsgradkurve trägt dann den über die Kraftstoffmasse hinausgehenden Parametern der Brennkraftmaschine Rechnung; dies können u.a. sein, Drehzahl, Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine, Stellung einer Aufladevorrichtung (z.B. Turbinenlader), Ansauglufttemperatur, Umgebungsluftdruck, Kraftstoffqualität usw.

Statt der Auswahl einer geeigneten Wirkungsgradkurve kann natürlich auch mit einer Normwirkungsgradkurve, die gewisse Standardbetriebsbedingungen voraussetzt, gearbeitet werden. Mit dieser Vereinfachung wird der Speicherbedarf für die Umrechnung einer Kraftstoffmasse in ein Drehmoment weiter verringert.

Um die Genauigkeit der Umrechnung bei dieser vereinfachten Variante zu steigern, kann zusätzlich noch am aktuellen Betriebspunkt das Verhältnis von Ist-Drehmoment und Ist-Kraftstoffmenge und mit dem von der (für Standardbetriebsbedingungen geltenden) Wirkungsgradkurve angezeigten Wirkungsgrad verglichen und abhängig vom Ergebnis dieses Vergleiches die Wirkungsgradkurve modifiziert werden, so dass die Bestimmung des Soll-Drehmomentes dann mittels der modifizierten Wirkungsgradkurve erfolgt. Dieser Ansatz kombiniert die Vorteile einer sehr genauen Bestimmung des Soll-Drehmomentes zur gewünschten Soll-Kraftstoffmenge mit den Vorteilen, dass nur eine einzige Wirkungsgradkurve in einem Speicher vorgehalten werden muss.

30.07.02

6

10

Bei der Modifikation können vielfältige Manipulationen an der Wirkungsgradkurve durchgeführt werden, beispielsweise Multiplikation mit einem kraftstoffmassenabhängigen Faktor o.ä. Besonders einfach und dennoch überraschend genau ist es, beim Vergleich die Differenz zwischen berechnetem und angezeigtem Wirkungsgrad zu bilden und bei der Modifizierung die Wirkungsgradkurve um genau diese Differenz zu verschieben. Die dabei zugrundeliegende Annahme, dass von den Standardbetriebsbedingungen abweichende Betriebsparameter im wesentlichen zu einer Verschiebung der Wirkungsgradkurve führen, hat sich als für die meisten Anwendungen tauglich herausgestellt.

In einer Kombination des erwähnten Extrapolationsansatzes mit dem Einsatz von Wirkungsgradkurven wird immer dann eine Extrapolation verwendet, wenn die Ist-Kraftstoffmasse sich nur wenig von der umzurechnenden Soll-Kraftstoffmasse unterscheidet. Liegt der Unterschied oberhalb eines bestimmten Schwellwertes und damit eine Extrapolation zu fehlerbehaftet, wird eine Wirkungsgradkurve herangezogen. Diese Kombination vereint Rechensparsamkeit mit hoher Genauigkeit. Es ist deshalb eine Weiterbildung des Verfahrens bevorzugt, bei der zur Bestimmung des Soll-Drehmomentes die Extrapolation durchgeführt wird, wenn eine Differenz zwischen Ist-Kraftstoffmenge und Soll-Kraftstoffmenge unterhalb eines bestimmten Schwellwertes liegt, und bei der ansonsten zur Bestimmung des Soll-Drehmomentes die (modifizierte) Wirkungsgradkurve erzeugt und verwendet wird.

Eine häufige Anwendung, bei der eine Soll-Kraftstoffmenge in ein Soll-Drehmoment umgerechnet werden muss, ergibt sich, wie bereits erwähnt wurde, bei einer Rußbegrenzungsfunktion einer Diesel-Brennkraftmaschine. Dort kann das Verfahren mit besonderem Vorteil eingesetzt werden. Es ist deshalb zu bevorzugen, dass die Soll-Kraftstoffmenge eine durch ein vorgegebenes Ruß-Verhalten der Brennkraftmaschine bestimmte, betriebspunktabhängige, maximale Kraftstoffmenge ist, bei deren Über-

schreitung sich am Betriebspunkt eine unzulässige Ruß-  
Erzeugung durch die Brennkraftmaschine ergäbe.

Die Erfindung wird nachfolgend unter der Bezugnahme auf die  
5 Zeichnung beispielshalber noch näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild für eine momentenbasierte Rege-  
lungsstruktur mit einer Umrechnung einer Soll-  
Kraftstoffmenge in ein Soll-Drehmoment,

10

Fig. 2 eine alternative Ausführung der Umrechnung der Fig.  
2,

Fig. 3 eine Drehmomentenkurve, die bei der Umrechnung ei-  
15 ner Soll-Kraftstoffmenge in ein Soll-Drehmoment  
verwendet werden kann, und

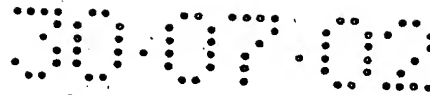
Fig. 4 den Verlauf einer Extrapolation eines Wirkungsgra-  
des zur Umrechnung einer Soll-Kraftstoffmenge in  
20 ein Soll-Drehmoment.

20

In Fig. 1 ist als Blockschaltbild eine momentenbasierte  
Struktur zur Bestimmung der Kraftstoffmenge, die einer Brenn-  
kraftmaschine zugeführt werden soll, gezeigt. Die momentenba-  
sierte Struktur 1 ermittelt dabei aus diversen Eingangsgrößen  
25 eine Kraftstoffmasse MF, die ein Parameter für eine Ein-  
spritzanlage einer Diesel-Brennkraftmaschine ist. Dabei gibt  
die momentenbasierte Struktur 1 nicht nur den Wert der Kraft-  
stoffmasse MF an, sondern auch, wie diese mit einem bestimm-  
ten Injektionsverlauf abgegeben werden soll, d.h. wie die  
30 Kraftstoffmasse MF auf Vor-, Haupt- und Nacheinspritzungen  
verteilt werden soll.

30

Die momentenbasierte Struktur 1 weist als Kernelement eine  
35 Momentenberechnungseinheit 2 auf, die aus verschiedensten  
Eingangsgrößen ein Gesamt-Drehmoment TQ berechnet, das von  
der Brennkraftmaschine verlangt wird. Die Eingangsgrößen der



Momentenberechnungseinheit 2 umfassen dabei im wesentlichen Drehmoment-Anforderungen, die abhängig von den Betriebsparametern P, welche die Momentenberechnungseinheit 2 ebenfalls aufnimmt, geeignet verknüpft werden. Aufbau und Funktion einer solchen Momentenberechnungseinheit 2 sind dem Fachmann in der Technik bekannt.

Der von der Momentenberechnungseinheit 2 ausgegebene Wert für das Drehmoment TQ wird dann in einem Hauptkennfeld 3 in den Wert für die Kraftstoffmasse MF sowie in die erwähnten Parameter für die Steuerung des Injektionsverlaufes umgesetzt. Bei der Applikation der momentenbasierten Struktur 1 auf ein Brennkraftmaschinenmodell muss im wesentlichen lediglich das Hauptkennfeld 3 entsprechend angepasst werden, da nur hier die motorischen Gegebenheiten des Brennkraftmaschinenmodells einfließen.

Die Momentenberechnungseinheit 2 verarbeitet eingangsseitig diverse Drehmomentanforderungen. Die bedeutendste darunter ist eine von einem Fahrpedalgeber 4 stammende Drehmomentanforderung TQ-DRV, die das vom Fahrer einer mit der Brennkraftmaschine ausgerüsteten Fahrzeuges angeforderte Moment darstellt. Weiter berücksichtigt die Momentenberechnungseinheit 2 externe Momentenanforderungen 5, die im Blockschaltbild der Fig. 1 in Form einer Drehmomentanforderung TQ-EXT der Momentenberechnungseinheit 2 zufließen. Bei solchen externen Momentenanforderungen 5 kann es sich beispielsweise um Anforderungen von externen Leistungsverbrauchern, wie Klimaanlage o.ä. handeln. Auch eine Geschwindigkeitsregelanlage ist ein Beispiel für eine externe Momentenanforderung 5.

Das Konzept der momentenbasierten Struktur 1 sieht es vor, der Momentenberechnungseinheit 2 ausschließlich Drehmomentanforderungen zuzuführen. Nun gibt es aber einzelne Funktionen, die keine Drehmomentanforderung abgeben, sondern einen Kraftstoffmassengrenzwert. Dabei handelt es sich beispielsweise um eine Rußbegrenzungseinheit 6 oder eine Momenten-

30.07.02

9

13

begrenzungseinheit 7, die beide Werte für Kraftstoffmassen ausgeben, welche (am aktuellen Betriebspunkt) aufgrund abgas-technischer oder motorischer Gegebenheiten nicht überschritten werden dürfen. Die von diesen Einheiten ausgegebenen

5 Kraftstoffmassengrenzwerte MF-SM und MF-TQ können nun nicht einfach der Momentenberechnungseinheit 2 zugeführt werden, da diese Werte für Kraftstoffmassen nicht verarbeiten kann. Es ist deshalb zwingend erforderlich, diese Kraftstoffmassengrenzwerte in Drehmomentengrenzwerte umzurechnen. Für diese

10 Umrechnung ist in der momentenbasierten Struktur der Fig. 1 ein Wirkungsgradberechnungsmodul 8 vorgesehen, das den Wert für die Kraftstoffmasse MF, wie er vom Hauptkennfeld 3 abgegeben wird, und den von der Momentenberechnungseinheit 2 abgegebenen Wert für das Drehmoment TQ aufnimmt. Das Wirkungs-

15 gradberechnungsmodul 8 setzt auf noch zu beschreibende Weise diese beiden Werte, Drehmoment TQ und Kraftstoffmasse MF, in einen Wirkungsgrad H um, der es durch eine einfache Multiplikation in einem Multiplikator 9 erlaubt, die Kraftstoffmassengrenzwerte MF-SM bzw. MF-TQ in entsprechende Drehmomentengrenzwerte TQ-SM bzw. TQ-MAX umzusetzen. Diese können dann

20 der Momentenberechnungseinheit eingespeist werden, so dass die Funktion der Rußbegrenzungseinheit 6 und der Momentenbegrenzungseinheit 7, die im Blockschaltbild der Fig. 1 beispielhaft für Funktionen stehen, welche einen Kraftstoffmassenwert ausgeben, in der momentenbasierten Struktur 1 auf

25 einfache Weise Berücksichtigung finden können.

Fig. 2 zeigt als Blockschaltbild eine mögliche Realisierung des Wirkungsgradberechnungsmoduls 8 im Detail. Es berechnet

30 zuerst in einem Multiplikator 10 das Verhältnis aus Drehmoment TQ und Kraftstoffmasse MF und gibt so einen als Wirkungsgrad H aus. Anschließend findet in einem Verzögerungsglied 11 eine Verzögerung um einen Berechnungstakt statt, so dass ausgangsseitig des Verzögerungsgliedes 11 der Wirkungs-

35 grad zum vorletzten Rechentakt vorliegt. Dies ist in Fig. 2 durch die Hinzufügung (n-1) symbolisiert.

30.07.02

10

Mit diesem Wirkungsgrad  $H$  wird dann im Multiplikator 9 die Umrechnung der Soll-Kraftstoffmengen in Form der Kraftstoffmassengrenzwerte MF-SM und MF-TQ in Soll-Drehmomentenwerte in Form der Drehmomentengrenzwerte TQ-SM und TQ-MAX vorgenommen.

Das im Blockschaltbild der Fig. 2 niedergelegte Konzept der Realisierung des Wirkungsgradberechnungsmoduls 8 sieht also vor, den Wirkungsgrad aus dem vorhergehenden Berechnungszyklus zur aktuellen Umrechnung von Soll-Kraftstoffmasse in Soll-Drehmoment zu verwenden.

Das Wirkungsgradberechnungsmodul 8 kann aber auch auf andere Weise realisiert sein. So ist ein Rückgriff auf eine Wirkungsgradkurve 12 möglich, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist. Die Wirkungsgradkurve 12 der Fig. 3, die dort den Wirkungsgrad als Verhältnis von Drehmoment TQ und Kraftstoffmasse MF über der Kraftstoffmasse MF zeigt, gibt den maximalen Wirkungsgrad  $H$  wieder, den die Brennkraftmaschine bei der jeweiligen Kraftstoffmasse erreichen kann. Da der Wirkungsgrad  $H$  natürlich von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine abhängt - so ist beispielsweise die Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine eine wesentliche Einflussgröße -, gilt die Wirkungsgradkurve 12 nur für gewisse Standardbetriebsparameter. Außerhalb dieser Betriebsparameter wird der Wirkungsgrad bei einer gegebenen Kraftstoffmasse regelmäßig niedriger liegen. Auch ist es denkbar, dass für bestimmte Bereiche bei von den Standardbetriebsparametern abweichenden Betriebsbedingungen mitunter ein höherer Wirkungsgrad erzielt werden kann.

Wenn nun das Wirkungsgradmodul zu einem Zeitpunkt (1) einen Wert für eine Kraftstoffmasse  $MF(1)$  zur Bestimmung des Wirkungsgrades erhält, so prüft es zuerst, ob der beim aktuellen Drehmoment  $TQ(1)$  vorliegende Wirkungsgrad  $H(MF(1)) = TQ(1)/MF(1)$  auf der Wirkungsgradkurve 12 liegt. Dies erreicht das Wirkungsgradmodul 8 dadurch, dass der Wirkungsgrad  $H$  zur Kraftstoffmasse  $MF(1)$  aus der Kurve 12 ermittelt und mit dem berechneten Wert verglichen wird. Eine etwaige Differenz wird

30.07.02

11

15

dann zu einer Verschiebung 13 der Wirkungsgradkurve 12 in eine modifizierte Wirkungsgradkurve 14 benutzt.

5 Mittels der derart erhaltenen, um die Verschiebung 13 verschobene Wirkungsgradkurve 14 kann dann einfach der Wirkungsgrad zum Kraftstoffmassengrenzwert MF-SM(1), wie er von der Rußbegrenzungseinheit 6 zum aktuellen Betriebspunkt ausgegeben wird, ermittelt werden. Fig. 3 zeigt deutlich, dass aufgrund der Verschiebung 13 der dabei erhaltene Wirkungsgrad  
10  $H(MF-SM(1))$  deutlich von dem abweicht, der mit der ursprünglichen Wirkungsgradkurve 12 erhalten würde. Alternativ zur Modifizierung der Wirkungsgradkurve 12 kann die Verschiebung 13 auch direkt auf den Wirkungsgrad  $H$  angewendet werden, den die unmodifizierte Wirkungsgradkurve 12 zum Kraftstoffmassengrenzwert MF-SM(1) anzeigt.  
15

Der derart ermittelte Wirkungsgrad 8 wird dann im Multiplikator 9 zur Bestimmung des gewünschten Drehmomentengrenzwertes TQ-SM verwendet. Ein analoges Verfahren wird auch für den  
20 Kraftstoffmassengrenzwert MF-TQ verwendet, der von der Momentenbegrenzungseinheit 7 ausgegeben wird.

Der in Fig. 3 dargestellte Ansatz, im Wirkungsgradberechnungsmodul 8 die Wirkungsgradkurve 12 zu verwenden, ist besonders dann vorteilhaft, wenn die Kraftstoffmasse zum aktuellen Zeitpunkt MF(1), die die momentenbasierte Struktur 1 für die Brennkraftmaschine vorsieht, sich stark vom Kraftstoffmassengrenzwert MF-SM bzw. MF-TQ unterscheidet, so dass die Annahme, beim Kraftstoffmassengrenzwert gelte der gleiche  
25 Wirkungsgrad wie beim aktuellen Betriebspunkt, zu unzulässigen Fehlern bei der Bestimmung der Drehmomentengrenzwerte führen würde.  
30

Ist die Differenz zwischen dem aktuellen Wert für die Kraftstoffmasse MF(1) und dem Kraftstoffmassengrenzwert nur gering, insbesondere unterhalb eines bestimmten Schwellwertes, verzichtet das Wirkungsgradberechnungsmodul 8 auf den Rück-  
35

200702

12

16

griff auf eine Wirkungsgradkurve 12 und wendet statt dessen eine Extrapolation an. Dabei wird zum aktuellen Zeitpunkt aus der Kraftstoffmasse  $MF(1)$  und dem aktuellen Drehmoment  $TQ(1)$  ein Wirkungsgrad  $H(MF(1))$  bestimmt. Zum nächstfolgenden Berechnungstakt (2) erfolgt dasselbe für die nun vorliegende Kraftstoffmasse  $MF(2)$  und das nun vorliegende Drehmoment  $TQ(2)$ . Die sich dabei ergebende Veränderung von Wirkungsgrad (nun liegt der Wirkungsgrad  $H(MF(2))$  vor) und Kraftstoffmasse wird zu einer Extrapolation ausgenutzt, die in Fig. 4 durch eine Extrapolationsgerade 15 veranschaulicht ist. Es wird also angenommen, dass aufgrund des unter einem vorbestimmten Schwellwert liegenden Abstandes des Wertes für die aktuelle Kraftstoffmasse  $MF$  vom aktuellen Kraftstoffmassengrenzwert (z.B.  $MF-SM$ ) eine lineare Annäherung der in Fig. 4 zur Verdeutlichung gestrichelt eingezeichneten Wirkungsgradkurve 12 möglich ist. Durch die Extrapolation wird dann der auf der Extrapolationsgerade 15 zum Kraftstoffmassengrenzwert (z.B.  $MF-SM(2)$ ) liegende Wirkungsgrad  $H$  erhalten. Dieser wird dann vom Wirkungsgradberechnungsmodul 8 ausgegeben und im Multiplikator 9 verwendet.



30.07.02

13

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Umrechnen einer Soll-Kraftstoffmenge in einen Soll-Drehmoment bei einer Brennkraftmaschine,  
5    d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
vor der Umrechnung zum aktuellen Betriebspunkt der Wirkungs-  
grad der Brennkraftmaschine als Verhältnis von Ist-Drehmoment  
und Ist-Kraftstoffmenge ermittelt und das Soll-Drehmoment aus  
dem Wirkungsgrad und der Soll-Kraftstoffmenge bestimmt wird.  
10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
zur Bestimmung des Soll-Drehmomentes eine Extrapolation des  
Wirkungsgrades verwendet wird.
- 15    3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
zur Ermittlung des Wirkungsgrades eine Wirkungsgradkurve ver-  
wendet wird, die das maximale Verhältnis von Drehmoment und  
Kraftstoffmenge als Funktion der Kraftstoffmenge anzeigt.
- 20    4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass am  
aktuellen Betriebspunkt das Verhältnis von Ist-Drehmoment und  
Ist-Kraftstoffmenge berechnet und mit dem von der Wirkungs-  
gradkurve angezeigten Wirkungsgrad verglichen und abhängig  
vom Ergebnis dieses Vergleichs die Wirkungsgradkurve modifi-  
25    ziert wird und dass die Bestimmung des Soll-Drehmomentes mit-  
tels der modifizierten Wirkungsgradkurve erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass  
beim Vergleich die Differenz zwischen berechnetem und ange-  
30    zeigtem Wirkungsgrad gebildet wird und bei der Modifizierung  
die Wirkungsgradkurve um diese Differenz verschoben wird.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 4 oder nach den An-  
sprüchen 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung  
35    des Soll-Drehmomentes die Extrapolation durchgeführt wird,  
wenn eine Differenz zwischen Ist-Kraftstoffmenge und Soll-  
Kraftstoffmenge unterhalb eines bestimmten Schwellwertes

30.07.02

14

liegt, und dass ansonsten zur Bestimmung des Soll-Drehmomentes die modifizierte Wirkungsgradkurve erzeugt und verwendet wird.

- 5 7. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Soll-Kraftstoffmenge eine durch ein vorgegebenes Ruß-Verhalten der Brennkraftmaschine bestimmte, betriebspunktabhängige, maximale Kraftstoffmenge ist.

1/2

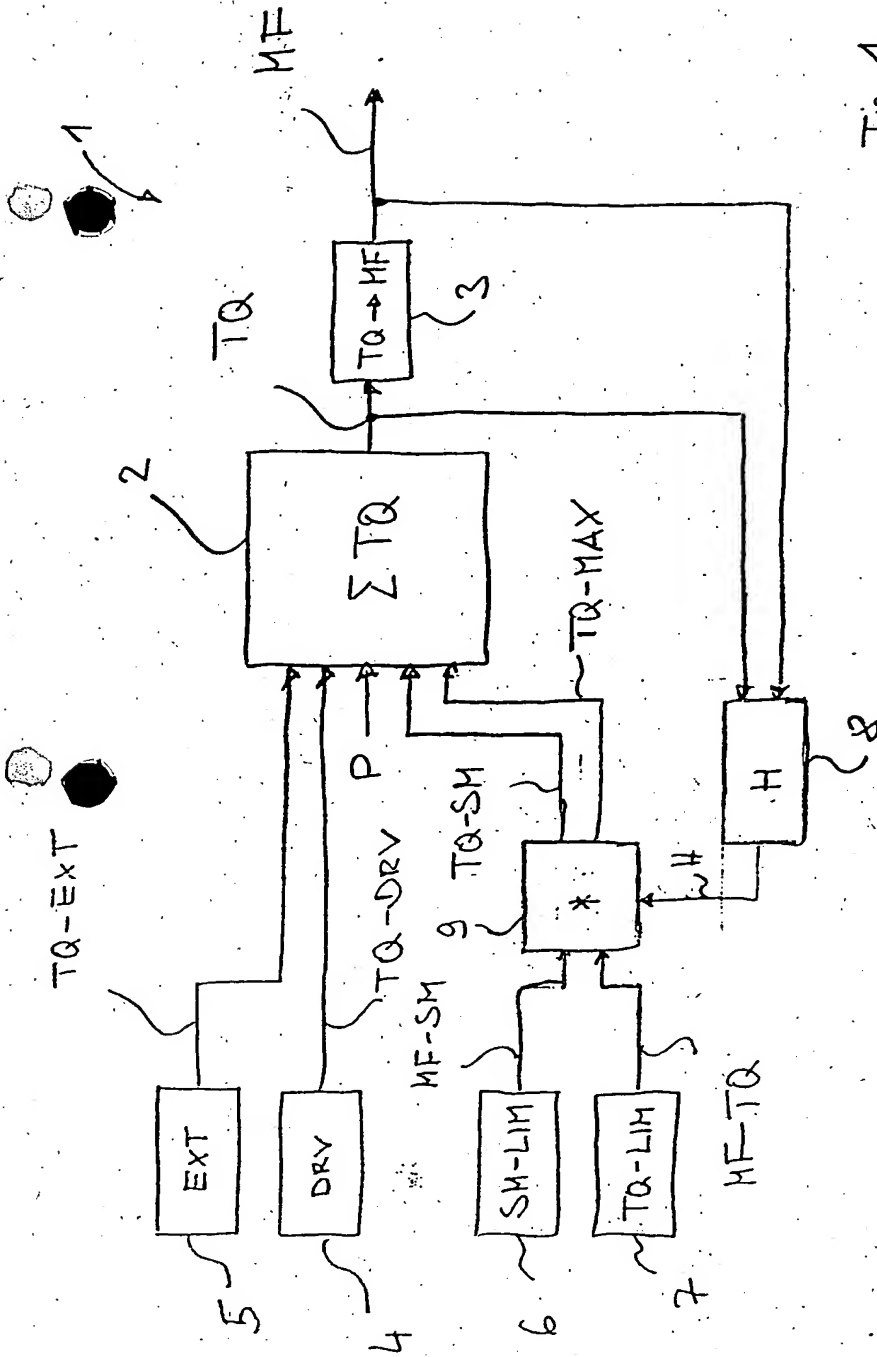


Fig. 1

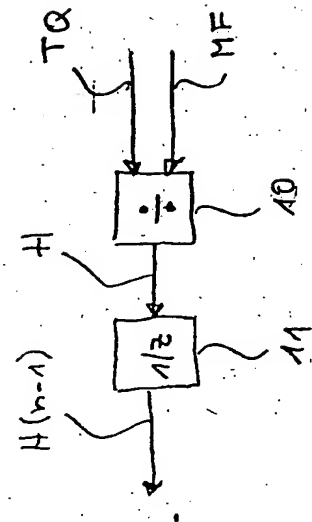


Fig. 2

2/2

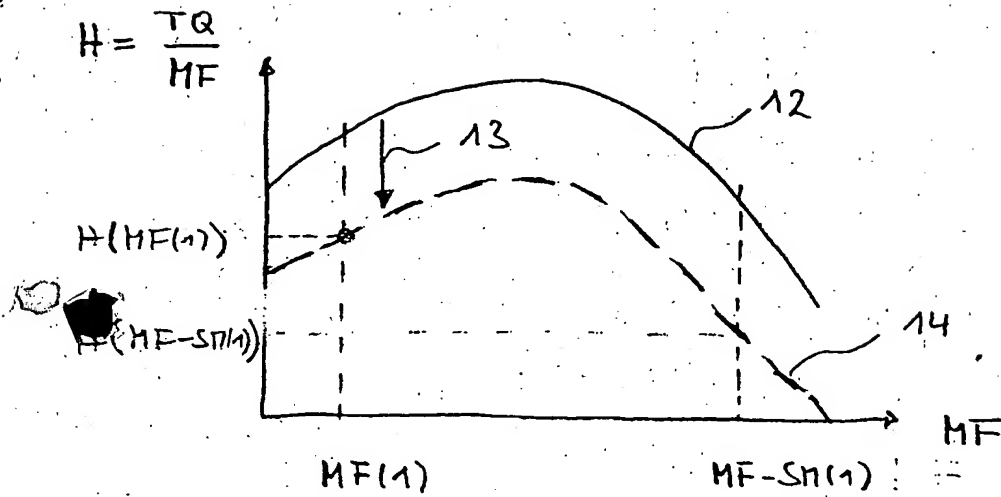


Fig. 3

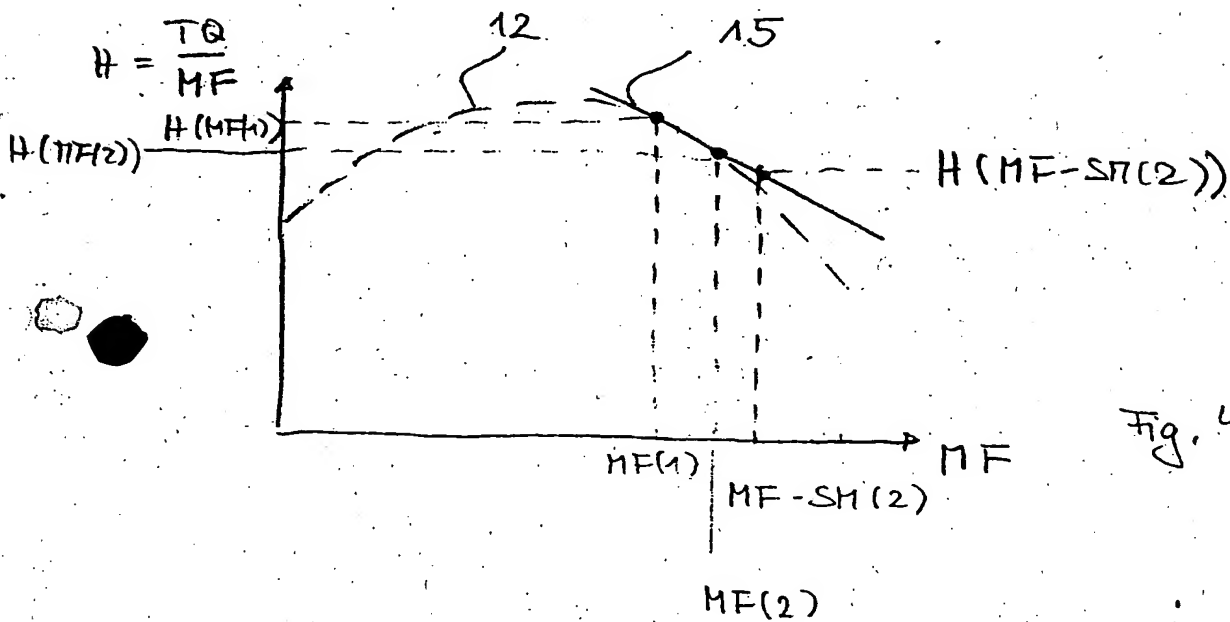


Fig. 4